

## МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЙ ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

**Безрук В.М., Чеботарёва Д.В., Скорик Ю.В.**

*Харьковский национальный университет радиоэлектроники*

*E-mail: valeriy\_bezruk@ukr.net*

### **Multicriterial choice of optimal telecommunications means**

Theoretical and practical aspects of choosing the optimal version of telecommunications means taking into account the totality of quality indices are considered.

Интенсивное развитие отрасли телекоммуникаций, серьезная конкуренция заставляет операторов связи использовать оптимальные средства телекоммуникаций, которые используются при планировании и проектировании информационно-телекоммуникационных систем. При этом должна учитываться совокупность показателей качества, определяемых противоречивыми технико-экономическими требованиями к выбираемым проектным вариантам средств телекоммуникаций. Раньше при проектировании ограничивались только выбором допустимых вариантов средств телекоммуникаций с учетом заданных ограничений на показатели качества. При усложнении и увеличении стоимости информационно-телекоммуникационных систем актуальным является выбор оптимальных средств телекоммуникаций по заданному критерию оптимальности. Критерий оптимальности определяет предпочтение одного проектного варианта перед другим с учетом совокупности противоречивых показателей качества, характеризующих средства телекоммуникаций. Это определяет необходимость применения многокритериального подхода не только к выбору оптимальных средств телекоммуникаций и построению на их основе информационно-телекоммуникационных систем, но и к организации бизнес-процессов в таких системах и обслуживанию пользователей с требуемым качеством обслуживания. Поэтому принятие оптимальных проектных решений с учетом совокупности показателей качества на основе методов многокритериальной оптимизации в настоящее время имеет особую важность для операторов связи.

Многокритериальный анализ и оптимизация достаточно широко развиты и используются в различных технических отраслях, однако они ещё недостаточно широко используются при планировании и проектировании информационно-телекоммуникационных систем. Одна из причин состоит в том, что проектировщики ещё не полностью осознали и используют широкие возможности математических методов многокритериальной оптимизации при решении практических задач выбора оптимальных средств телекоммуникаций с учетом совокупности показателей качества. В данной работе излагается методология многокритериального выбора оптимальных вариантов средств телекоммуникаций на базе основных положений теории многокритериальной оптимизации, а также исследуются практические особенности ее применения

на разных примерах из области телекоммуникаций.

*Суть методологии многокритериального выбора оптимальных проектных вариантов.* Важнейшим инструментом решения многокритериальных оптимизационных задач является принцип Эджворта–Парето (принцип Парето). При формулировке принципа Эджворта–Парето, постановку обычной многокритериальной задачи, включающей множество возможных решений и набор критериев (векторный критерий), дополняют бинарным отношением предпочтения лица, принимающего решения (ЛПР). Принцип Эджворта–Парето формулируется в виде утверждения о том, что выбираемые решения содержатся только в множестве Парето. Применение принципа Эджворта–Парето позволяет из множества всех возможных вариантов исключить заведомо неприемлемые решения - те, которые никогда не могут оказаться выбранными (если выбор осуществляется достаточно «разумно»). После такого исключения остается множество, которое называют множеством Парето или областью компромиссов. Иначе говоря, каждое выбираемое решение является Парето–оптимальным. Полученное множество Парето, как правило, является достаточно широким и при окончательном выборе решений неизбежно возникает вопрос о том, какое именно единственное решение выбрать среди Парето–оптимальных.

Когда возникает необходимость сужения подмножества Парето, то единственный предпочтительный проектный вариант может выбираться с привлечением дополнительной субъективной информации от экспертов, отражающей предпочтения ЛПР. Такая информация появляется в результате всестороннего анализа Парето-оптимальных решений, многомерных рабочих характеристик, многомерных диаграмм обмена, относительной важности введенных целевых функций и др. Полученные при этом дополнительная информация о предпочтениях используются для построения некоторого условного критерия предпочтения, основанного, в частности, на введении некоторой скалярной функции, оптимизация которой приводит к выбору единственного варианта системы. Рассматриваются различные формализованные методы сужения подмножества Парето–оптимальных решений до единственного предпочтительного варианта с учетом субъективной информации от экспертов, в частности, основанные на теории полезности, теории нечетких множеств, лексографических отношениях, анализе иерархий.

*Практические особенности применения методов многокритериальной оптимизации* при выборе оптимальных проектных вариантов средств телекоммуникаций (СТ) с учетом формализованного учета совокупности показателей качества включает в себя следующие этапы:

- задание набора исходных данных для допустимых проектных вариантов СТ; - определение множества допустимых проектных вариантов с учетом ограничений на структуру и параметры СТ; - задание показателей качества СТ и вычисление их значений для допустимых проектных вариантов; - выбор подмножества Парето-оптимальных проектных вариантов СТ в критериальном пространстве оценок значений показателей качества; - анализ полученных Парето-оптимальных проектных вариантов, многомерных

потенциальных характеристик и многомерных диаграм обмена показателей качества СТ; - формирование условного критерия предпочтения с привлечением полученной дополнительной информации от экспертов для выбора единственного проектного варианта СТ.

В работе рассматриваются разные методы нахождения множества Парето-оптимальных проектных решений. В частности, метод дискретного выбора состоит в том, что включение проектного решения в множество Парето имеет место тогда и только тогда, когда не существует других предпочтительных решений. Рассматриваются также специальные методы нахождения Парето-оптимальных решений. Метод рабочих характеристик сводится к нахождению экстремума одной из частных целевых функций при условии, что на остальные целевые функции накладываются ограничения типа равенства. Решение множества таких скалярных оптимизационных задач с разными допустимыми вариантами ограничений приводит к Парето-оптимальным решениям. Весовой метод состоит в нахождении экстремумов взвешенной суммы частных целевых функций при разных комбинациях весовых коэффициентов. Применение этого метода также дает множество Парето-оптимальных решений. Рассматриваются и другие методы нахождения Парето-оптимальных решений, в частности, метод главного критерия, метод последовательных уступок. Формализованное решение задач многокритериальной оптимизации сводится лишь к нахождению некоторого множества Парето-оптимальных решений и исключению безусловно худших решений. Все Парето-оптимальные решения являются несравнимыми между собой и каждое из них может быть использовано для последующих этапов проектирования.

Предложенная методология многокритериального выбора оптимальных проектных решений использована для выбора оптимальных проектных вариантов средств телекоммуникаций с учетом совокупности противоречивых показателей качества. В частности, исследованы особенности ее применения для различных типов средств телекоммуникаций, в частности, речевых кодеков, модемов в системе цифровой связи, технологий цифрового телевидения, технологий в сетях мобильной связи второго, третьего и четвертого поколений, систем массового обслуживания заявок и вариантов построения в сетях передачи данных, маршрутизации и алгоритмов управления в сетях связи. В каждой из задач из заданного допустимого множества вариантов средств телекоммуникаций одним из рассмотренных методов найдено подмножество Парето-оптимальных вариантов и выделен единственный предпочтительный вариант средств телекоммуникаций.

#### **Литература**

1. *Чеботарёва Д.В., Безрук В.М.* Многокритериальная оптимизация проектных решений при планировании сотовых сетей мобильной связи. - Харьков: СМИТ, 2013. - 148 с.
2. *Bezruk V.M., Skorik Yu.V.* Multicriterial choice of telecommunications means using hierarchical analysis method // Information and Telecommunication Sciences. – K: NTU “KPI”, 2015. - Vol. 6, Num. 2. - P. 18-24.